

تقضى على أسطورة "محدودية الطيف الترددى"

تكنولوجيا الفوضى تغير وجه العالم

مع الانتشار الهائل لتقنيات الاتصالات اللاسلكية، وتزايد الإقبال على نقل البيانات عبر المحمول، سيكون لدينا فى المستقبل القريب عدد لا يحصى من الأجهزة المتصلة لاسلكيا. ولكن المشكلة الأزلية التى تهدد شبكات الاتصالات على مستوى العالم، هى محدودية الطيف الترددى (الترددات المخصصة لكل شبكة للعمل عليها حتى لا يحدث تداخل بين الإشارات). وتقف جميع التكنولوجيات التى تستخدم الطيف، وتتعامل معه، عاجزة عن تخطى النطاقات المحدودة للطيف. والسؤال: كيف يمكننا توصيل عدد غير محدود من الأجهزة التى تستخدم الطيف المحدود؟

أشرف شهاب

يطرح العلماء فى جامعة كيوتو اليابانية، حلولًا جذرية، وغير تقليدية، ويمكنها أن تقضى وللأبد على أزمة محدودية الطيف عن طريق ما يسمى "تقنية الفوضى". فما هى التقنية التى ستعيد تغيير وجه العالم، وتفتح آفاقًا لا محدودة للاستفادة من الطيف المحدود.

الطيف الترددى

إن من أعظم الاكتشافات التى حققها البشر على مدى تاريخهم بعد اكتشافهم وتوليدهم للطاقة الكهربائية هو اكتشافهم للموجات الكهرومغناطيسية. ويعود الفضل فى ذلك لعالم الفيزياء الاسكتلندى الشهير جيمس كلارك ماكسويل، الذى تمكن عام ١٨٦٠ من التنبؤ بوجود ما يسمى بالموجات الكهرومغناطيسية، وكانت تلك ثورة فى حد ذاتها، إذا إنها سهلت قيام الموجات الكهرومغناطيسية بعملية نقل مختلف أنواع المعلومات بطريقة لاسلكية.

وبعد سنوات قليلة من اكتشاف وتوليد هذه الموجات بدأ ظهور كثير من الأنظمة اللاسلكية فظهر التلغراف اللاسلكى عام ١٩٠٠ من ثم البث الراديوى عام ١٩١٨ ثم البث التلفزيونى عام ١٩٣٥.

لقد أتاح اكتشاف تلك الموجات الكهرومغناطسيسة التحرر للمرة الأولى من الأسلاك، ومن وضع الثبات إلى وضع الحركة، وأتاحت هذه الموجات بناء أنظمة اتصالات لاسلكية تكون فيها المرسلات ثابتة والمستقبلات متحركة أو بالعكس أو يكون كليهما متحركًا.

ومع تزايد الاعتماد على الاتصالات اللاسلكية بدات مشكلة توفير الترددات اللازمة لأعداد كبيرة ومتزايدة من أنظمة الاتصالات المختلفة كأنظمة البث الإذاعى والتلفزيونى والهواتف اللاسلكية والخلوية وأنظمة الأقمار الصناعية وأنظمة الرادار وأنظمة الاتصالات العسكرية والمدنية وأنظمة الملاحة الجوية والبحرية والبرية، تواجه العاملين على إدارة وتخطيط وتقسيم الطيف الترددى، بسبب أن جو الكرة الأرضية يعتبر وسطا مشتركا تنتشر فيه جميع الترددات التى تبثها الأنظمة اللاسلكية، مما يمنع إعادة استخدام نفس الترددات فى نفس المنطقة تجنبا لتداخل الإشارات. وتدريجيا، تم استغلال معظم مناطق الطيف الترددى المتاح.

حلول بديلة

سمح الاتحاد الدولى للاتصالات، وهو منظمة تابعة للأمم المتحدة، ومهمتها تخطيط وتنسيق، ووضع معايير الاتصالات على مستوى العالم، فى البداية، بإعادة استخدام نفس الترددات (الطيف الترددى عمليا من 9 كيلوهيرتز إلى الحد الأعلى الذى يمتد إلى 3000 جيجا هيرتز) شريطة عدم وجود تداخل بين الأنظمة المختلفة وذلك بالاستفادة من التباعد الجغرافى، وقدرة البث المحدودة، واستخدام طرق تعديل وتشفير واستقطاب مختلفة. لكن المشكلة كانت أكبر، والتحديات تتزايد على عاتق شبكات الاتصالات اللاسلكية لاستغلال هذه الترددات المتاحة، والمسموح لها بالعمل عليها، الاستغلال الأمثل لاستيعاب أكبر عدد من المشتركين. فظهرت تقنيات مختلفة مكنت من استخدام نفس الترددات فى نفس الوقت. ومن بينها:

1 - النفاذ المتعدد بتقسيم التردد

وتسمى FDMA: Frequency Division Multiple Access وهى تستخدم تقنيات تقسيم الحزمة الترددية إلى حيزات ترددية صغيرة، كل حيز ترددى "قناة" channel مخصص لمشترك واحد. مع مرشحات لتقليل التداخل بين الترددات المتجاورة. وعند استخدام المحطة اللاسلكية لحيز معين فلا يمكن لمحطة ثانية فى نفس المنطقة استخدام نفس الحيز.

2 - النفاذ المتعدد بتقسيم الزمن TDMA

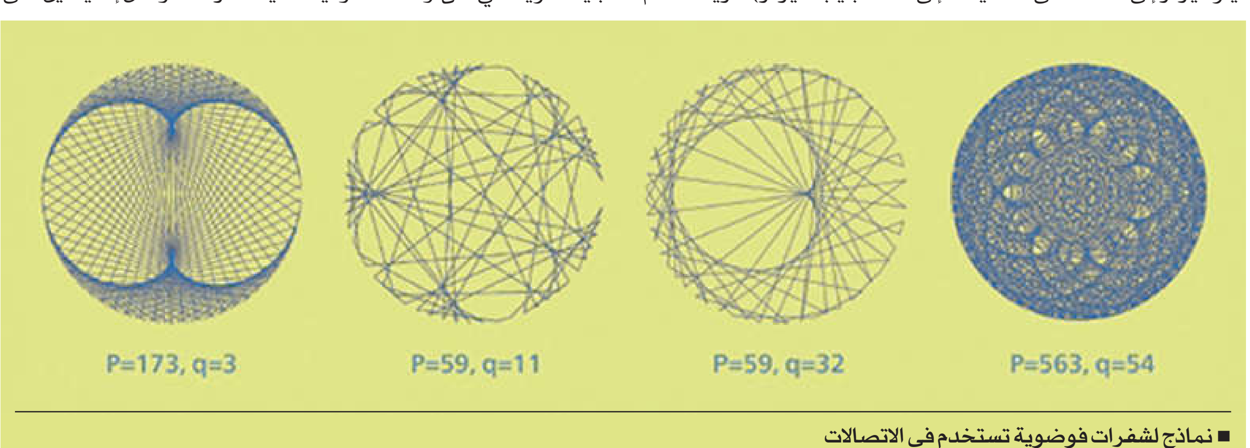
وتسمى TDMA: Time Division Multiple Access واستفادت من القنوات المخصصة فى التقنية السابقة، وقامت بتقسيم كل قناة إلى عدة أقسام زمنية time slots وعند تسجيل المشترك فى المحطة اللاسلكية فإن المحطة تخصص له قناتين. واحدة للإرسال والأخرى للاستقبال. ويتم الارسال والاستقبال فى حيز زمنى محدد، وهكذا يتشارك عدة مشتركين فى نفس القناة، ولكن لكل مشترك فاصل زمنى خاص به. وفى النهاية نحصل على صوت متواصل لأن هذه العملية تتم بسرعة.

3 - النفاذ المتعدد بتقسيم الشفرة CDMA

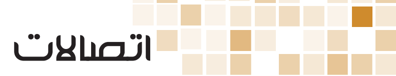
وتسمى CDMA: Code Division Multiple Access وتعتبر تطورا للتقنية السابقة لها، فقد استطاعت أن تقوم بتقديم مفهوم جديد للطيف الترددى يسمى بمفهوم "الطيف المنثور" حيث أنها تعتمد على السماح بدخول كافة المشتركين فى نفس الوقت، وعلى نفس التردد، ولكن يكون لكل مشترك ترميز CODE خاص به.

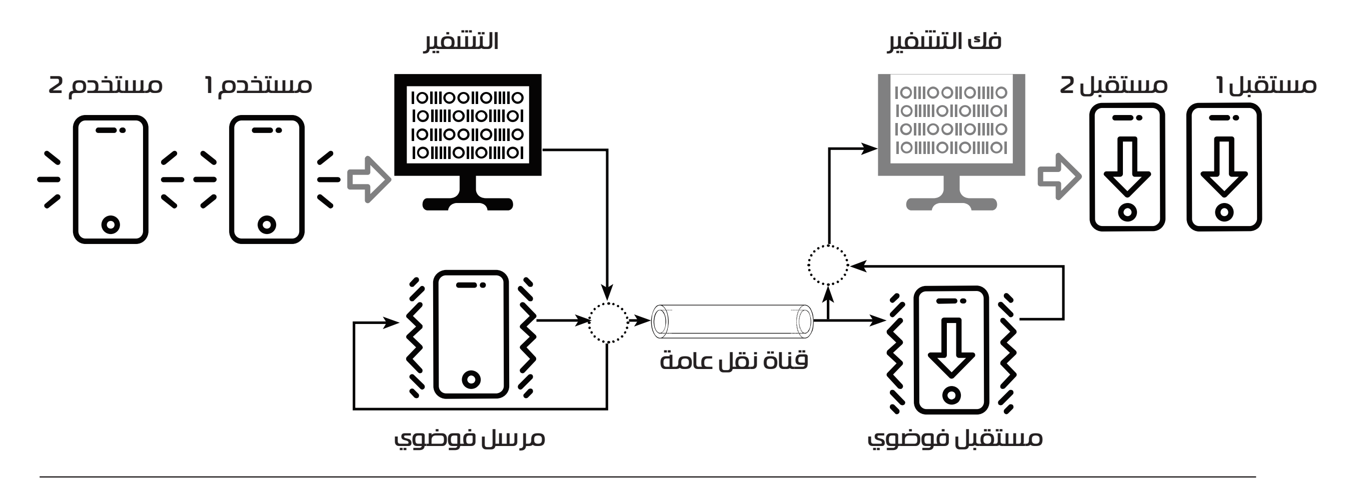
الأزمة مستمرة

قبل أعوام قليلة حذر رئيس لجنة الاتصالات الفيدرالية الأمريكية، جوليوس جيناتشويسكي، من أزمة محدودية الطيف الترددى، وقال إنه يتعين على



■ نماذج لشفرات فوضوية تستخدم فى الاتصالات





■ رسم توضيحى لكيفية عمل نظام التشفير الفوضوى

صناعة الاتصالات اللاسلكية فى الولايات المتحدة أن تضع يديها على الأجزاء غير المستخدمة الاستخدام الأمثل من الطيف الترددى، وإلا ستجد شركات الاتصالات اللاسلكية أن الطلب على خدماتها يتجاوز قدرتها على تقديم هذه الخدمات. وأضاف: "إذا لم نفعل شيئا فى مواجهة أزمة الطيف الترددى التى تلوح فى الأفق، سيواجه العديد من المستهلكين ارتفاعا فى الأسعار فى ظل اضطرار السوق إلى الاستجابة للعرض والطلب". كما حذر جيم سيكونى، المسئول التنفيذى بشركة إيه تى آند تى من نفس الأزمة قائلا: "إن الحاجة إلى طيف ترددى إضافى تعد قضية ومشكلة تؤرق جميع الشركات فى هذا المجال".

نظرية "الفوضى"

تحاول نظرية الفوضى" أن تستشف النظام الخفى الذى أودعه الله فى الأشياء التى تبدو لنا عشوائية. وتحاول هذه النظرية وضع قواعد لدراسة مثل هذه النظم العشوائية للاستفادة منها فى تقنيات الاتصالات اللاسلكية. ويتفق كين أومينو، الأستاذ بقسم الرياضيات والفيزياء التطبيقية، بالمعهد العالى للمعلوماتية التابع لجامعة كيوتو باليابان، ومينغهوى كاو، رئيس شركة ChaosWare اليابانية أن جميع الاتصالات التى تتم فى الوقت الحاضر تنتمى بصفة رئيسية إلى الجيل الثالث من الاتصالات المحمولة، ورغم تطور التكنولوجيا التى تقوم بمعالجة الإشارات الرقمية، إلا أن مشكلات التحكم فى قدرة الإرسال وكفاءة الشبكات فى استخدام الطاقة، تعتبر أكثر إثارة للقلق من مشكلة السعة.

وتستهدف البحوث التى يتم اجراؤها حاليا فى مختبر الإحصاءات الفيزيائية فى جامعة "كيوتو" حل جميع هذه المشكلات باتباع منهج جذرى، عن طريق استخدام مجال جديد نسبيا من مجالات الرياضيات والفيزياء، ألا وهو نظرية الفوضى. وبموجب هذه النظرية، يجب أن تحدث نقلة نموذجية من الأنظمة التقليدية للتعامل مع الطيف، إلى نظام فوضوى يؤدى إلى ما يمكن أن نسميه "الطيف الفوضوى"، وتقول ورقة نشرها العالم كين أوميونو على موقع الاتحاد الدولى للاتصالات أن الفكرة ترتكز على استخدام الطبيعة الفوضوية لإشارات الاتصالات من أجل استحداث تكنولوجيا موحدة جديدة للاتصالات، تتجاوز تقنيات النفاذ المتعدد بتقسيم الشفرة المنتمى للجيل الثالث، وكذلك تعدد الإرسال بالتقسيم التعامدى للتردد OFDM المنتمى للجيل الرابع من الاتصالات المتنقلة.

مفهوم الطيف

مفهوم الطيف حاليًا يعتمد على التحكم فى تردد الإشارات الدورية التى يمكن استخدامها. أما مفهوم "الطيف الفوضوى" فهو على العكس من ذلك، فهو ينظر إلى الطيف على أنه ظاهرة غير دورية تتميز بخاصية العشوائية غير القابلة للتنبؤ، وقد تم اكتشاف وجود الفوضى فى الطبيعة فى الستينيات من القرن الماضي. وثمة اكتشاف أحدث عهدا ذو أهمية بالنسبة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وهو أن الإشارات الفوضوية يمكن استخدامها. ومن الممكن أن يتم إنتاج الإشارة العشوائية.

وفى حالة نجاح عمليات التشفير الفوضوى للاتصالات اللاسلكية، فإن "تقنية الفوضى" ستقضى للأبد على أسطورة "محدودية الطيف الترددى". ومن الصحيح أنه لم يتم إطلاقا تطبيق نظرية الطيف الفوضوى فى عالم الاتصالات اللاسلكية. ولكن ما يؤكده العلماء أنه من الثابت رياضيا أن الطيف لا متناه.

بحوث مبدئية

أثمرت البحوث المبدئية حول استخدام تقنية الفوضى فى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات عن قانونين للمعلوماتية. ينص القانون الأول على أن المعلومات الآمنة تكون محفوظة دائما. ويمكن للإشارات الفوضوية أن تحمل كمية هائلة من المعلومات. ومن الممكن استعادة هذه الكمية من المعلومات من الإشارات الفوضوية. ومعنى ذلك أنه إذا حولنا بعض المعلومات إلى إشارات فوضوية عند الإرسال، فإن نفس المعلومات بالضبط سيتم استقبالها عند فك شفرة الإشارات الفوضوية. وينص القانون الثانى للمعلوماتية على أن تقاسم المعلومات لا رجعة فيه. أى أنه فى إمكان أى شخصين تقاسم معلومات آمنة عن طريق التشكيل الفوضوى للإشارات اللاسلكية.

الطيف الفوضوى وإنترنت الأشياء

يتميز الطيف الفوضوى بأنه لا متناه، وبالتالى من الممكن بناء عدد لا متناه من الشفرات الفوضوية التى يمكن تخصيصها لأغراض معينة، بحيث تصبح عددا لا متناهيا من عناوين الأشياء. وهكذا، يعتقد خبراء الاتصالات أنه إذا كانت "إنترنت الأشياء" تعنى أن عدة مليارات من الأشياء ستتواصل لا سلكيا، فإن هناك حاجة ماسة تكنولوجيا فائقة تتطلب عددا لا متناهيا من الشفرات، وهو ما تستطيع تكنولوجيا الفوضى أن توفره بكل سهولة، لتنقل عالم الاتصالات المتنقلة إلى آفاق جديدة.